

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-036063

(43)Date of publication of application : 09.02.1999

(51)Int.Cl.

C23C 14/24  
C23C 14/32

(21)Application number : 09-207277

(22)Date of filing : 15.07.1997

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD

(72)Inventor : OKAZAKI NAOTO  
OTANI SATOSHI  
MURAKAMI HIROSHI  
HIRATSUKA HARUO  
OGATA KIYOSHI

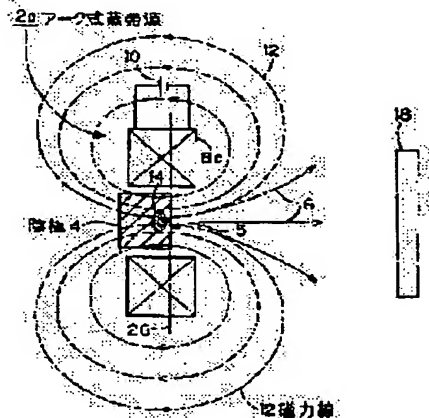
## (54) ARC TYPE EVAPORATING SOURCE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an arc type evaporating source capable of reducing droplets scattered from a cathode, having a wide film forming region of high film thickness uniformity and long in the service life of the cathode.

SOLUTION: This arc type evaporating source 2a is provided with a magnetic coil 8a forming the magnetic field in which the intensity on the evaporating face 5 is >700 Oe in the region including the evaporating face 5 of a cathode.

Furthermore, this magnetic coil 8a generates a magnetic line of force 12 parallelly progressing or scattered without focusing in front of the evaporating face 5, and is the one in which the angle between the normal provided at an optional point within the evaporating face 5 and the direction of the magnetic line of force 12 in this point is 0 to 30 degrees.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the arc formula evaporation source which melts cathode and evaporates the cathode matter by arc discharge The strength in the concerned vaporization side equips the field containing the vaporization side which evaporates the cathode matter of the aforementioned cathode with a magnetic-field formation means to form the magnetic field of 700 or more oersteds. moreover, this magnetic-field formation means The arc formula evaporation source characterized by being the line of magnetic force emitted [ which is emitted and parallel-advances ], without converging in the front of the vaporization side of the aforementioned cathode, and the angle with the orientation of the normal stood to the arbitrary points within the concerned vaporization side and the line of magnetic force in the concerned point to accomplish being what generates the line of magnetic force of 30 or less degrees 0 times or more.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention puts the cathode matter on the front face of bases, such as for example, a tool metallurgy type, is used for the thin film deposition system (this is also called arc formula ion plating system) which consists of the concerned cathode matter or forms the thin film which consists of the nitride of the concerned cathode matter, an oxide, etc., and relates to the arc formula evaporation source which melts cathode and evaporates the cathode matter by arc discharge.

[0002]

[Description of the Prior Art] The cathode matter ion ionized by the arc plasma produced near the cathode is contained in the cathode matter evaporated by the arc formula evaporation source at a remarkable rate. The arc formula ion-plating method or arc formula ion plating system which draws this cathode matter ion in a base by the electric field, and forms a thin film in a base front face It has an advantage, like the membrane formation speed with the sufficient adhesion of a thin film is large, and is widely used as a means to cover a metal membrane and a ceramic layer on front faces, such as a tool metallurgy type. The thing with membranous sufficient adhesion is because the cathode matter ion contained in the cathode matter can be drawn in a base and can be made to collide by the electric field by the negative bias voltage etc. The thing with a large membrane formation speed is because cathode is melted using arc discharge.

[0003] However, if this carries out incidence adhesion at the thin film formed in a base front face, the big and rough grain called drop let will be contained in the cathode matter generated from the above-mentioned cathode, the smooth nature of the concerned thin film is spoiled, the life of a tool etc. will be shortened or the appearance of a thin film will be spoiled.

[0004] In order to reduce such drop let, the arc formula evaporation source which forms a magnetic field near the front of cathode is already proposed. The example is shown in drawing 12.

[0005] This arc formula evaporation source 2 is not indicated by JP,5-171427,A, produces arc discharge between the anode plates (anode) which are not illustrated with cathode (cathode) 4, by this arc discharge, melts cathode 4 and evaporates the cathode matter 6. Cathode 4 consists of a metal. The field which evaporates the cathode matter 6 of this cathode 4 is the vaporization side 5. The front of this vaporization side 5 (namely, the vaporization orientation of the cathode matter 6.) The plasma (namely, arc plasma) by arc discharge is generated by the same neighborhood below, and the cathode matter ion ionized by this plasma is contained in the above-mentioned cathode matter 6 at a remarkable rate.

[0006] By arranging the base 18 ahead of this cathode 4, this base 18 can be made to be able to carry out the incidence deposition of the above-mentioned cathode matter 6, and a thin film can be formed. In that case, it can turn to a base 18, can accelerate, and the cathode matter ion contained in the cathode matter 6 can be made to collide with a base 18 with this negative bias voltage by impressing negative bias voltage to the base 18 at it. Moreover, if the reactant gas (for example, nitrogen, oxygen, a hydrocarbon, etc.) which reacts to the surroundings of a base 18 with the cathode matter 6 is introduced, the cathode matter 6 and this reactant gas can react, and a compound (ceramics) thin film can be formed in the front face of a base 18.

[0007] Furthermore, this arc formula evaporation source 2 forms the cylinder-like magnetic coil 8 near the front of cathode 4, forms the core 16 of the shape of two steps of rings in the interior, and is made to form the convergence field 14 of line of magnetic force 12 near the core of a magnetic coil 8 (i.e., near the front of cathode 4) by these. It becomes and is strong and, as for the magnetic field strength in this convergence field 14, the drop let contained in the cathode matter 6 890Oes (oersted) or 1450Oes, and by a concentration of a plasma happening to the concerned convergence field 14 by the strong magnetic field, and recycling drop let in this plasma (decomposition and reuse) is reduced.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned arc formula evaporation source 2, in order that the convergence field 14 of line of magnetic force 12 may be formed ahead of cathode 4 and a plasma may converge on the concerned convergence field 14, the cathode matter ion contained in the concerned plasma also has comparatively sharp directivity in response to convergence, and the technical problem that a membrane formation field is limited to the parvus circular field ahead of cathode 4 occurs in the installation position of a base 18. Consequently, the high membrane formation field of thickness homogeneity is narrow, therefore the field in which a base 18 can be installed in membrane formation aiming at mass production method will be restricted, and a productivity does not improve. Moreover, when a base 18 is large-sized, the big ununiformity to a thickness arises by the site in a base 18.

[0009] Moreover, as shown in drawing 13, it is known that the arc spot 22 of arc discharge 20 has the property which is easy to move to orientation A to which line of magnetic force 12 inclines to acute-angle alpha in the vaporization side 5 of cathode 4, and the arc spot 22 comes to carry out the localization of the case of this conventional technique to the core of the vaporization side 5 with this property. 24 is the medial axis of cathode 4. Since only the core of cathode 4 is exhausted extremely and it stops obtaining the predetermined vapor rate of the cathode matter 6, as a result the predetermined membrane formation speed to a base 18 in short time so that it may be shown in the result 14, for example, drawing, the technical problem are short also has the life of cathode 4. Consequently, while cathode 4 must be exchanged frequently and membrane formation luminous efficacy falls by it, a cost also increases.

[0010] In addition, the configuration of cathode 4 is not limited to a specific thing, also has the case of the shape of a truncated cone which is shown in drawing 14 (and drawing 8, the drawing 9, drawing 11), and, also in cases, such as

the shape of the shape of a rectangular parallelepiped which is shown in the other drawing, and a cube, and tabular, is. [0011] Then, this invention can reduce the drop let which disperses from cathode, and, moreover, the high membrane formation field of thickness homogeneity sets it as the main purpose to offer the long arc formula evaporation source of a cathode life widely.

[0012]

[Means for Solving the Problem] The arc formula evaporation source of this invention is equipped with a magnetic-field formation means by which the strength in the concerned vaporization side forms the magnetic field of 700 or more oersteds in the field containing the vaporization side which evaporates the cathode matter of the aforementioned cathode. And this magnetic-field formation means is line of magnetic force emitted [ which is emitted and parallel-advances ], without converging in the front of the vaporization side of the aforementioned cathode. The angle with the orientation of the normal stood to the arbitrary points within the concerned vaporization side and the line of magnetic force in the concerned point to accomplish is characterized by being what generates the line of magnetic force of 30 or less degrees 0 times or more.

[0013] According to the above-mentioned configuration, by the magnetic-field formation means, since the magnetic field strength in the vaporization side of cathode forms the magnetic field of 700 or more Oes, the electron which jumped out of the vaporization side can be powerfully caught near the front of the concerned vaporization side by this quite strong magnetic field, and a high-density plasma can be generated near the front of a vaporization side. Since the drop let contained in the cathode matter which evaporates from cathode by this high-density plasma can be decomposed efficiently, the drop let which disperses from cathode can be reduced.

[0014] And since the above-mentioned magnetic-field formation means generates the line of magnetic force emitted which is emitted and parallel-advances ], without converging in the front of the vaporization side of cathode, cathode matter ion will be emitted along with this line of magnetic force, and does not receive convergence in the front of a vaporization side. Consequently, the radiation zone of cathode matter ion becomes large compared with the conventional technique, therefore the high membrane formation field of thickness homogeneity also becomes large.

[0015] Furthermore, since the angle with the orientation of the normal stood to the arbitrary points within a vaporization side and the line of magnetic force in the concerned point to accomplish generates the line of magnetic force of 30 or less degrees 0 times or more, the above-mentioned magnetic-field formation means or it does not concentrate the arc spot in a vaporization side on the core of a vaporization side like the conventional technique and it moves the inside of a vaporization side at random (when the above-mentioned angle is 0 times) -- a vaporization side -- it comes (in the case [ The above-mentioned angle 0 times size ] of 30 or less degrees) to go outside approach around a little. Since such a motion of an arc spot makes the whole vaporization side exhausted and uses the vaporization side of cathode uniformly anyway, making about 1 appearance exhaust the whole vaporization side of cathode, or putting specific gravity on outside approach a little, it can lengthen the life of cathode.

[0016]

[Embodiments of the Invention] Drawing 1 is drawing showing an example of the arc formula evaporation source concerning this invention. Drawing 2 is drawing expanding and showing the example of the status of the line of magnetic force in near the vaporization side of the arc formula evaporation source of drawing 1. The same sign is given to the conventional example, the identity, or the corresponding fraction of drawing 12, and the difference with the concerned conventional example is mainly explained below.

[0017] This arc formula evaporation-source 2a equips the field containing the vaporization side 5 of the cathode 4 which was mentioned above with tubed (the shape of a cylinder [ Specifically ]) magnetic-coil 8a wound around the surroundings of the vaporization side 5 as an example of a magnetic-field formation means to form a magnetic field in the field which more specifically lasts ahead [ the ] from the concerned vaporization side 5 at least. This magnetic-coil 8a is excited by the coil power 10, and forms the above-mentioned magnetic field. The example of the line of magnetic force 12 which this magnetic-coil 8a makes all over drawing is shown typically.

[0018] As for this magnetic-coil 8a, the strength in the vaporization side 5 of cathode 4 forms the magnetic field more than 700Oes (oersted). In this case, as for the physical relationship of the vaporization side 5 and magnetic-coil 8a, it is desirable to consider as the position where a part of magnetic-coil 8a laps with the flat surface 26 which extended the vaporization side 5 virtually, and if it is made such, since the vaporization side 5 will be located in the field where the magnetic field in magnetic-coil 8a is strong, it becomes easy to form the magnetic field of the above-mentioned strength in the vaporization side 5.

[0019] This magnetic-coil 8a generates the line of magnetic force 12 emitted outside toward parallel advance or the advance orientation, without converging in the front of the vaporization side 5 of cathode 4. Specifically, in this example, the convergence field 14 of this line of magnetic force 12 is more back (that is, contrary to the vaporization orientation of the cathode matter 6) than the vaporization side 5, and line of magnetic force 12 is emitted a little, without converging in the front of the vaporization side 5. In addition, since it does not become narrowing the radiation zone of cathode matter ion by the concerned line of magnetic force 12 if it does not converge in short although what is emitted a little in the front of the vaporization side 5 is desirable as for line of magnetic force 12, line of magnetic force 12 may progress in parallel in the front of the vaporization side 5. <BR> [0020] And angle theta of normal N which stood this magnetic-coil 8a to arbitrary point P within the vaporization side 5 of cathode 4 with reference to drawing 2, and orientation H (this is the same meaning as the orientation of the magnetic field in the concerned point P) of the line of magnetic force 12 in the concerned point P to accomplish generates the line of magnetic force 12 of 30 or less (namely,  $0 \text{ degree} \leq \theta \leq 30 \text{ degree}$ ) degrees 0 times or more.

[0021] According to this arc formula evaporation-source 2a, by magnetic-coil 8a, since the magnetic field strength in the vaporization side 5 of cathode 4 forms the magnetic field of 700 or more Oes as mentioned above, the electron which jumped out of the vaporization side 5 can be efficiently caught near the front of the concerned vaporization side 5 by this quite strong magnetic field, and a high-density plasma (arc plasma) can be generated near the front of the vaporization side 5. Since the drop let contained in the cathode matter 6 which evaporates from cathode 4 by this high-density plasma can be decomposed efficiently, if the drop let which disperses from cathode 4 is pulled, the drop let which reaches a base 18 can be reduced. Consequently, since the smooth nature of the thin film formed in the front face of a base 18 can be raised (that is, field relative roughness is made good), the life of the tool metallurgy type which covered the concerned thin film can be lengthened. Moreover, if the appearance of the concerned thin film is attracted, the appearance of the product which covered the concerned thin film can be made good. Therefore, it is enabled to apply this arc formula evaporation-source 2a also to membrane formation in the field which field relative roughness was bad and has not applied conventionally.

[0022] For example, with reference to drawing 3, membranes are formed to the base 18 of the place distant [  $Z = 13\text{cm}$  of distance ] from the vaporization side 5 of cathode 4. When the drop let on the front face of a base on the medial axis 24 of the vaporization side 5 (namely, position of  $L = 0\text{cm}$  of the distance from the concerned medial axis 24) is measured, as shown in drawing 4. By setting magnetic field strength in the vaporization side 5 to 700 or more Oes, it was confirmed that the number of drop let adhering to a base front face can be reduced remarkably.

[0023] The electron microscope photograph on the front face of a base in case the above-mentioned magnetic field strength is 600 Oes is shown in drawing 5, and it in 1200 Oes is shown in drawing 6. The round thing in both drawings is drop let, and it turns out that drop let is decreasing remarkably in drawing 6.

[0024] In addition, above-mentioned view 4 - view 6 and the example of drawing 7 mentioned later are the results at the time of attaching in a vacuum housing the above arc formula evaporation-source 2a which has the cathode 4 which consists of Ti, introducing Ar gas in the concerned vacuum housing, maintaining the pressure in the concerned container at about 4 mTorr, and forming Ti thin film in a base front face by arc current about 60 A. Above-mentioned angle theta of the line of magnetic force 12 in that case is about 10 degrees.

[0025] And since this arc formula evaporation-source 2a generates the line of magnetic force 12 emitted [ which is emitted and parallel-advances ], without converging in the front of the vaporization side 5 by the above-mentioned magnetic-coil 8a, the cathode matter ion contained in the cathode matter 6 will be emitted along with this line of magnetic force 12, and does not receive convergence in the front of the vaporization side 5. Ion is because it can draw near to the electron flow caught by line of magnetic force 12 and it goes on along with line of magnetic force 12. Consequently, the radiation zone of cathode matter ion becomes large compared with the conventional technique, therefore a homogeneous high membrane formation field also becomes large.

[0026] For example, the result which measured the distribution of the membrane formation speed within the field of the fixed base 18 left distance Z from the vaporization side 5 of cathode 4 is shown in drawing 7. Drawing 3 explains previously the distance Z and L in this drawing, and they is  $Z = 13\text{cm}$  also in this example. Above-mentioned angle theta of the line of magnetic force 12 in that case is about 10 degrees according to the above-mentioned arc formula evaporation-source 2a in the example in drawing 7. Above-mentioned angle theta of the line of magnetic force 12 in that case is [ about ] according to the conventional arc formula evaporation source 2 which showed the example of a comparison in drawing 7 in drawing 12. -It is 5 times (on these specifications, since above-mentioned angle theta makes the vapor orientation positive, negative means convergence).

[0027] In the case of an example, it is [ in / the field where the homogeneity of a membrane formation velocity distribution is large / compared with the example of a comparison ] very high as shown in this drawing 7. If it puts in another way, this means that the membrane formation field of thickness homogeneity where the example is higher is large for whether it being \*\*, and has it. Consequently, since it is enabled to form membranes with sufficient thickness homogeneity to a lot of bases 18 at once according to this arc formula evaporation-source 2a, or since it is enabled to form membranes with sufficient thickness homogeneity to the large-sized base 18, the productivity of membrane formation improves.

[0028] furthermore -- since above-mentioned angle theta of line of magnetic force 12 is made into 30 or less degrees 0 times or more, or it does not concentrate the arc spot in the vaporization side 5 on the core of the vaporization side 5 like the conventional technique and it moves the inside of the vaporization side 5 by this arc formula evaporation-source 2a at random (in the case of theta = 0 degree) -- the vaporization side 5 -- it comes (in the case of 0 degree < theta <= 30 degree) to go outside approach around a little. Since such a motion of an arc spot makes the vaporization side 5 whole exhausted and uses the vaporization side 5 of cathode 4 uniformly anyway, making about 1 appearance exhaust the vaporization side 5 whole of cathode 4, or putting specific gravity on outside approach a little as shown in drawing 8, it can lengthen the life of cathode 4. Consequently, it is enabled to carry out without exchange of cathode 4, and the productivity of prolonged membrane formation of membrane formation improves. Moreover, since the exchange frequency of cathode 4 decreases, a cost is also reducible.

[0029] Incidentally, in theta > 30 degrees, since the radiation orientation of the cathode matter 6 spreads too much and the membrane formation speed to a base 18 falls while the outside of the vaporization side 5 comes to be exhausted extremely and the use luminous efficacy of cathode 4 gets worse, as an arc spot approaches outside too much, for example, it is shown in drawing 9, it is not desirable.

[0030] When theta is negative, it is that line of magnetic force 12 converges in the front of the vaporization side 5, and is equivalent to the conventional technique mentioned above.

[0031] In addition, while it becomes easier for the magnetic reluctance of the path of line of magnetic force 12 to fall near, and to strengthen the magnetic field in the vaporization side 5 near like the example shown, for example in drawing 10, since line of magnetic force 12 comes to pass along the inside of this ferromagnetic 30 near the back section of magnetic-coil 8a, if the annular ferromagnetic 30 may be formed and it is made such with tabular so that the surroundings near the back section of cathode 4 may be surrounded, other leakage flux decreases.

[0032] Moreover, also in which arc formula evaporation-source 2a of drawing 1 and the drawing 10, the example of illustration and reverse are sufficient as the sense of line of magnetic force 12. Even if it makes it such, it is only the same as that of the above that the revolution orientation of the electron which coils around line of magnetic force 12 only becomes reverse of other operations.

[0033] Moreover, materials other than Ti which it is not limited to a specific thing and mentioned above, for example, Zr, Hf, TiAl, aluminum, Cu, Cr, Mo, W, Ta, V, C, etc., are sufficient as the material of cathode 4. For example, few Cr layer or CrN layer of the number of drop let can be formed by using Cr for cathode 4.

[0034] Moreover, as a magnetic-field formation means, you may use the permanent magnet made to generate the above magnetic fields instead of the above magnetic-coil 8a and the coil power 10.

[0035]

[Example] TiN layer was formed in those front faces using the arc formula ion plating system shown in drawing 11, having used two or more shafts made from stainless steel (the diameter of 10mm, the length of 100mm) as the base 18.

[0036] This equipment has the vacuum housing 32 by which evacuation is carried out with the evacuation equipment 34, and the electrode holder 40 rotated by the orientation of arrow head B is formed in it by the driving gear not to illustrate. 42 is bearing which has an electric-insulation function. To this electrode holder 40, two or more above-mentioned bases 18 are held. Negative bias voltage is impressed to the electrode holder 40 and the base 18 from the bias power supply 44 of a direct current. In a vacuum housing 32, the following gas 38 is introduced from a gas inlet 36.

[0037] One arc formula evaporation-source 2a same with having been shown in drawing 1 is attached in the wall surface of this vacuum housing 32 towards the base 18 on a electrode holder 40 through the insulator 46. In this example, cathode 4 consists of Ti and is held at the cathode electrode holder 50. 48 is an insulator. In this example, the vacuum housing 32 serves as the anode plate (anode), an arc discharge voltage is impressed from the arc power 52 of a direct current between cathode 4 and the vacuum housing 32, and arc discharge arises between cathode 4 and the vacuum housing 32. 54 is a trigger for arc ignition. In this example, number of turns are 150 times, and magnetic-coil 8a is taken as water cooling, in order to prevent the increase in resistance by generation of heat.

[0038] In case of membrane formation, the bombardment process was performed in advance of the membrane formation process in this example.

[0039] At a bombardment process, after holding the above-mentioned base 18 to a electrode holder 40 and exhausting the inside of a vacuum housing 32 with the evacuation equipment 34 first to the pressure of about 1x10 to 5 or less Torr, about 50 sccm introduction of the Ar gas is carried out as gas 38 from a gas inlet 36, and the pressure in a vacuum housing 32 is held to about 3 mTorr. The bias voltage of -1000V is impressed to a base 18 from bias power supply 44. If the current of the coil power 10-100A is passed to magnetic-coil 8a of arc formula evaporation-source 2a, the magnetic field of about 1200 Oes will be formed in the vaporization side 5 of cathode 4. In the status, the arc discharge voltage is impressed to cathode 4 from the arc power 52, if the side face of cathode 4 is made to carry out the short-time contact of the trigger 54, it will serve as a seed, arc discharge occurs and continues between cathode 4 and the vacuum housing 32, and an arc plasma is generated near the front of cathode 4. The arc current at this time is taken as 60A. By this arc discharge, cathode 4 melts, the cathode matter 6 evaporates from the vaporization side 5, the part is ionized by the arc plasma, a negative bias voltage accelerates towards a base 18, and this ionized cathode matter ion collides with a base 18. If the status is held for about 3 minutes, while each base 18 is heated to about 380 degrees C, the spatter of each base 18 will be carried out by collision of cathode matter ion, and the defecation of the front face will be carried out.

[0040] It goes into a membrane formation process following the above-mentioned bombardment process. That is, in the case of this example, gas 38 is switched to nitrogen gas, it carries out about 100 sccm introduction of it, and holds the pressure in a vacuum housing 32 to about 20 mTorr. And bias voltage impressed to a base 18 is set to -200V, and the arc current passed to cathode 4 is set to 80A. If the status is held for about 10 minutes, TiN layer of about 3 micrometer \*\* will be formed in the side face of each base 18.

[0041] Dispersion in the thickness of TiN layer in the shaft orientations of the stainless steel shaft formed as mentioned above is shown as an example all over Table 1. Moreover, dispersion in the thickness at the time of forming membranes similarly instead of the above arc formula evaporation-source 2a using the conventional arc formula evaporation source 2 shown in drawing 12 is shown as an example of a comparison all over Table 1. Furthermore, in the above-mentioned example and the example of a comparison, cathode 4 is exhausted and, similarly the life of the cathode 4 when making the time of having stopped obtaining a regular membrane formation speed and a thickness distribution into a life is shown all over Table 1.

[0042]

[Table 1]

	膜厚ばらつき	陰極寿命
比較例	5 5 %	2 時間
実施例	1 5 %	1 2 時間

[0043] As shown in this table, compared with the example of a comparison using the arc formula evaporation source 2 of the former [ direction / of the example using arc formula evaporation-source 2a concerning this invention ], the homogeneity of a thickness is high, and a cathode life is long. Incidentally, about the drop let on the front face of a base, both the example and the example of a comparison were good.

[0044]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, since the magnetic field strength in the vaporization side of cathode forms the magnetic field of 700 or more Oes by the magnetic-field formation means, a high-density plasma can be generated near the front of a vaporization side, and this high-density plasma can decompose efficiently the drop let contained in the cathode matter. Consequently, the drop let which disperses from cathode can be reduced.

[0045] And since the above-mentioned magnetic-field formation means generates the line of magnetic force emitted which is emitted and parallel-advances ], without converging in the front of the vaporization side of cathode, cathode matter ion stops receiving convergence in the front of a vaporization side, and the radiation zone of cathode matter ion becomes large. Consequently, the high membrane formation field of thickness homogeneity also becomes large.

[0046] Furthermore, since the angle with the orientation of the normal stood to the arbitrary points within a vaporization side and the line of magnetic force in the concerned point to accomplish generates 30 or less line of magnetic force 0 times or more, the above-mentioned magnetic-field formation means or the arc spot in a vaporization side moves the inside of a vaporization side at random -- a vaporization side -- a little -- outside approach -- going around -- coming -- the vaporization side whole -- about -- Mr. one is exhausted or the whole vaporization side is made exhausted [ in / outside approach / for specific gravity ] a little Consequently, since it comes to use the vaporization side of cathode uniformly, the life of cathode can be lengthened.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-36063

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

C 2 3 C 14/24  
14/32

識別記号

F I

C 2 3 C 14/24  
14/32

F  
A

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-207277

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月15日

(71) 出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72) 発明者 岡崎 尚登

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日  
新電機株式会社内

(72) 発明者 大谷 聡

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日  
新電機株式会社内

(72) 発明者 村上 浩

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日  
新電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 恵二

最終頁に続く

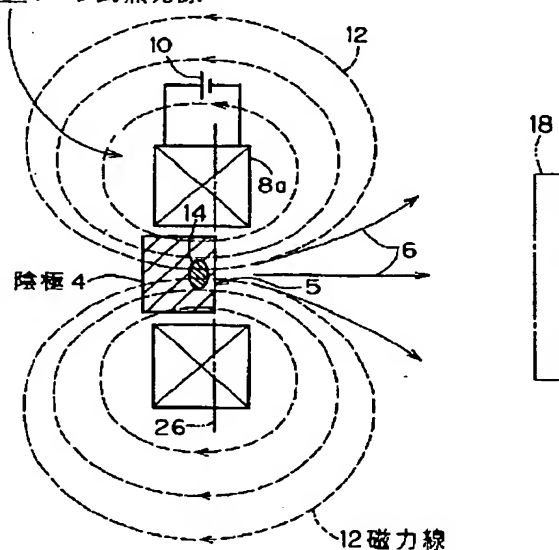
(54) 【発明の名称】 アーク式蒸発源

(57) 【要約】

【課題】 陰極から飛散するドロップレットを低減することができ、しかも膜厚均一性の高い成膜領域が広く、かつ陰極寿命の長いアーク式蒸発源を提供する。

【解決手段】 このアーク式蒸発源 2 a は、陰極 4 の蒸発面 5 を含む領域に、当該蒸発面 5 での強さが 7 0 0 0 e 以上の磁界を形成する磁気コイル 8 a を備えている。しかもこの磁気コイル 8 a は、蒸発面 5 の前方において集束せずに平行進行ないし発散する磁力線 1 2 であって、蒸発面 5 内の任意の点に立てた法線と当該点における磁力線 1 2 の方向との成す角度が 0 度以上 3 0 度以下の磁力線 1 2 を発生させる。

2a アーク式蒸発源



8a: 磁気コイル



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** アーク放電によって陰極を溶解させて陰極物質を蒸発させるアーク式蒸発源において、前記陰極の陰極物質を蒸発させる蒸発面を含む領域に、当該蒸発面での強さが700エルステッド以上の磁界を形成する磁界形成手段を備えており、しかもこの磁界形成手段は、前記陰極の蒸発面の前方において集束せずに平行進行ないし発散する磁力線であって、当該蒸発面内の任意の点に立てた法線と当該点における磁力線の方向との成す角度が0度以上30度以下の磁力線を発生するものであることを特徴とするアーク式蒸発源。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** この発明は、例えば工具や金型等の基体の表面に陰極物質を被着して、当該陰極物質から成る、または当該陰極物質の窒化物、酸化物等から成る薄膜を形成する薄膜形成装置（これはアーク式イオンプレーティング装置とも呼ばれる）等に用いられるものであって、アーク放電によって陰極を溶解させて陰極物質を蒸発させるアーク式蒸発源に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** アーク式蒸発源で蒸発させる陰極物質には、陰極近傍に生じるアークプラズマによってイオン化された陰極物質イオンがかなりの割合で含まれており、この陰極物質イオンを電界によって基体に引き込んで基体表面に薄膜を形成するアーク式イオンプレーティング法またはアーク式イオンプレーティング装置は、薄膜の密着性が良い、成膜速度が大きい等の利点を有しており、工具や金型等の表面に金属膜やセラミックス膜を被覆する手段として広く用いられている。膜の密着性が良いのは、陰極物質中に含まれている陰極物質イオンを、負バイアス電圧等による電界によって基体に引き込んで衝突させることができるからである。成膜速度が大きいのは、アーク放電を利用して陰極を溶解させるからである。

**【0003】** しかし、上記陰極から発生する陰極物質には、ドロップレットと呼ばれる粗大粒子が含まれており、これが基体表面に形成される薄膜に入射付着すると、当該薄膜の平滑性を損ねて工具等の寿命を短くしたり、薄膜の外観を損ねたりする。

**【0004】** このようなドロップレットを低減するために、陰極の前方付近に磁界を形成するアーク式蒸発源が既に提案されている。その一例を図12に示す。

**【0005】** このアーク式蒸発源2は、特開平5-171427号公報に開示されているものであり、陰極（カソード）4と図示しない陽極（アノード）との間でアーク放電を生じさせて、このアーク放電によって陰極4を溶解させて陰極物質6を蒸発させる。陰極4は例えば金属から成る。この陰極4の陰極物質6を蒸発させる面が蒸発面5である。この蒸発面5の前方（即ち陰極物質6

の蒸発方向。以下同じ）付近にはアーク放電によるプラズマ（即ちアークプラズマ）が生成され、上記陰極物質6には、このプラズマによってイオン化された陰極物質イオンがかなりの割合で含まれている。

**【0006】** この陰極4の前方に基体18を配置しておくことにより、上記陰極物質6をこの基体18に入射堆積させて薄膜を形成することができる。その際に、例えば基体18に負のバイアス電圧を印加しておくことにより、陰極物質6に含まれている陰極物質イオンを、この負バイアス電圧によって基体18に向けて加速して基体18に衝突させることができる。また、基体18の周りに陰極物質6と反応する反応性ガス（例えば窒素、酸素、炭化水素等）を導入しておけば、陰極物質6とこの反応性ガスとが反応して、基体18の表面に化合物（セラミックス）薄膜を形成することができる。

**【0007】** 更にこのアーク式蒸発源2は、陰極4の前方付近に円筒状の磁気コイル8を設け、その内部に2段のリング状のコア16を設け、これらによって磁気コイル8の中心部付近に、即ち陰極4の前方付近に、磁力線12の集束領域14を形成するようにしている。この集束領域14での磁界の強さは、例えば8900e（エルステッド）ないし14500eとかなり強く、その強い磁界によって当該集束領域14にプラズマの集中が起こり、ドロップレットがこのプラズマ中でリサイクル（分解・再利用）されることにより、陰極物質6に含まれるドロップレットが低減される。

**【0008】**

**【発明が解決しようとする課題】** ところが、上記アーク式蒸発源2においては、陰極4の前方に磁力線12の集束領域14が形成されていてプラズマが当該集束領域14に集束されるために、当該プラズマ中に含まれる陰極物質イオンも集束を受けて比較的鋭い指向性を持ち、基体18の設置位置では、陰極4の前方の小さい円形領域に成膜領域が限定されるという課題がある。その結果、膜厚均一性の高い成膜領域が狭く、従って例えば大量生産を目的とする成膜においては、基体18を設置できる領域が限られてしまい、生産性が向上しない。また、基体18が大型の場合は、基体18中の部位によって膜厚に大きな不均一が生じる。

**【0009】** また、図13に示すように、アーク放電20のアークスポット22は、陰極4の蒸発面5において磁力線12が鋭角 $\alpha$ に傾く方向Aに移動しやすい性質のあることが知られており、この性質によって、この従来技術の場合は、アークスポット22が蒸発面5の中心部に局在するようになる。24は陰極4の中心軸である。その結果、例えば図14に示すように、陰極4の中心部のみが極端に消耗して、短い時間で陰極物質6の所定の蒸発速度、ひいては基体18への所定の成膜速度が得られなくなるので、陰極4の寿命が短いという課題もある。その結果、陰極4を頻繁に交換しなければならず、

それによって成膜効率が低下すると共に、コストも高む。

【0010】なお、陰極4の形状は、特定のものに限定されるものではなく、図14（および図8、図9、図11）に示すような円錐台状の場合もあるし、それ以外の図に示すような直方体状、立方体状、板状等の場合もある。

【0011】そこでこの発明は、陰極から飛散するドロップレットを低減することができ、しかも膜厚均一性の高い成膜領域が広く、かつ陰極寿命の長いアーク式蒸発源を提供することを主たる目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明のアーク式蒸発源は、前記陰極の陰極物質を蒸発させる蒸発面を含む領域に当該蒸発面での強さが700エルステッド以上の磁界を形成する磁界形成手段を備えており、しかもこの磁界形成手段は、前記陰極の蒸発面の前方において集束せずに平行進行ないし発散する磁力線であって、当該蒸発面内の任意の点に立てた法線と当該点における磁力線との成す角度が0度以上30度以下の磁力線を発生するものであることを特徴としている。

【0013】上記構成によれば、磁界形成手段によって、陰極の蒸発面での磁界の強さが700Oe以上の磁界を形成するので、このかなり強い磁界によって、蒸発面から飛び出した電子を当該蒸発面の前方付近に強力に捕捉して、蒸発面の前方付近に高密度のプラズマを生成することができる。この高密度のプラズマによって、陰極から蒸発する陰極物質に含まれるドロップレットを効率良く分解することができるので、陰極から飛散するドロップレットを低減することができる。

【0014】しかも、上記磁界形成手段は、陰極の蒸発面の前方において集束せずに平行進行ないし発散する磁力線を発生するので、陰極物質イオンは、この磁力線に沿って放射されることになり、蒸発面の前方において集束を受けない。その結果、陰極物質イオンの放射領域は従来技術に比べて広くなり、従って膜厚均一性の高い成膜領域も広くなる。

【0015】更に、上記磁界形成手段は、蒸発面内の任意の点に立てた法線と当該点における磁力線との成す角度が0度以上30度以下の磁力線を発生するので、蒸発面でのアークスポットは、従来技術のように蒸発面の中心部に集中することではなく、蒸発面内をランダムに動くか（上記角度が0度の場合）、蒸発面のやや外寄りを周回するようになる（上記角度が0度より大で30度以下の場合）。このようなアークスポットの動きは、陰極の蒸発面全体をほぼ一様に消耗させるか、やや外寄りに比重を置きながら蒸発面全体を消耗させることになり、いずれにしても陰極の蒸発面を万遍無く使うので、陰極の寿命を長くすることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は、この発明に係るアーク式蒸発源の一例を示す図である。図2は、図1のアーク式蒸発源の蒸発面付近における磁力線の状態の例を拡大して示す図である。図12の従来例と同一または相当する部分には同一符号を付し、以下においては当該従来例との相違点を主に説明する。

【0017】このアーク式蒸発源2aは、前述したような陰極4の蒸発面5を含む領域に、より具体的には少なくとも当該蒸発面5からその前方にかけての領域に磁界を形成する磁界形成手段の一例として、蒸発面5の周りに巻かれた筒状（より具体的には円筒状）の磁気コイル8aを備えている。この磁気コイル8aは、コイル電源10によって励磁されて上記磁界を形成する。図中に、この磁気コイル8aが作る磁力線12の例を模式的に示す。

【0018】この磁気コイル8aは、陰極4の蒸発面5での強さが700Oe（エルステッド）以上の磁界を形成する。その場合、蒸発面5と磁気コイル8aとの位置関係は、蒸発面5を仮想的に広げた平面26に磁気コイル8aの一部が重なる位置とするのが好ましく、そのようにすれば、磁気コイル8a内の磁界が強い領域に蒸発面5が位置することになるので、蒸発面5に上記強さの磁界を形成するのが容易になる。

【0019】この磁気コイル8aは、陰極4の蒸発面5の前方において集束せずに平行進行ないし進行方向に向かって外に発散する磁力線12を発生する。具体的にはこの例では、この磁力線12の集束領域14は、蒸発面5よりも後方（即ち陰極物質6の蒸発方向と逆）にあり、磁力線12は蒸発面5の前方において集束せずに、幾分発散している。なお、磁力線12は、蒸発面5の前方において幾分発散するものが好ましいけれども、要は集束しなければ陰極物質イオンの放射領域を当該磁力線12によって狭めることにはならないので、磁力線12は蒸発面5の前方において平行に進むものでも良い。

【0020】しかも、この磁気コイル8aは、図2を参照して、陰極4の蒸発面5内の任意の点Pに立てた法線Nと当該点Pにおける磁力線12の方向H（これは当該点Pにおける磁界の方向と同じ意味である）との成す角度 $\theta$ が0度以上30度以下（即ち $0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ ）の磁力線12を発生する。

【0021】このアーク式蒸発源2aによれば、磁気コイル8aによって、上記のように陰極4の蒸発面5での磁界の強さが700Oe以上の磁界を形成するので、このかなり強い磁界によって、蒸発面5から飛び出した電子を当該蒸発面5の前方付近に効率良く捕捉して、蒸発面5の前方付近に高密度のプラズマ（アークプラズマ）を生成することができる。この高密度のプラズマによって、陰極4から蒸発する陰極物質6に含まれるドロップレットを効率良く分解することができるので、陰極4から飛散するドロップレットを、ひいては基体18に到達

するドロップレットを低減することができる。その結果、基体 18 の表面に形成される薄膜の平滑性を高める（即ち面粗度を良好にする）ことができるので、当該薄膜を被覆した工具や金型等の寿命を長くすることができる。また、当該薄膜の外観を、ひいては当該薄膜を被覆した製品の的外観を良好なものにすることができる。従って、従来は面粗度が悪くて適用できなかった分野での成膜にもこのアーク式蒸発源 2 a を適用することが可能になる。

【0022】例えば、図 3 を参照して、陰極 4 の蒸発面 5 から距離  $Z = 13 \text{ cm}$  離れた所の基体 18 に成膜を行い、その蒸発面 5 の中心軸 24 上（即ち当該中心軸 24 からの距離  $L = 0 \text{ cm}$  の位置）における基体表面のドロップレットを測定したところ、図 4 に示すように、蒸発面 5 での磁界の強さを  $7000 \text{ e}$  以上にすることによって、基体表面に付着するドロップレット数を著しく低減できることが確かめられた。

【0023】上記磁界の強さが  $6000 \text{ e}$  の場合の基体表面の電子顕微鏡写真を図 5 に示し、 $12000 \text{ e}$  の場合のそれを図 6 に示す。両図中の丸いものがドロップレットであり、図 6 ではドロップレットが著しく減少していることが分かる。

【0024】なお、上記図 4～図 6 および後述する図 7 の実施例は、Ti から成る陰極 4 を有する上記のようなアーク式蒸発源 2 a を真空容器に取り付け、当該真空容器内に Ar ガスを導入して当該容器内の圧力を約  $4 \text{ mTorr}$  に保ち、アーク電流約  $60 \text{ A}$  で基体表面に Ti 薄膜を形成した場合の結果である。その場合の磁力線 12 の上記角度  $\theta$  は約  $10^\circ$  である。

【0025】しかも、このアーク式蒸発源 2 a は、上記磁気コイル 8 a によって、蒸発面 5 の前方において集束せずに平行進行ないし発散する磁力線 12 を発生するので、陰極物質 6 に含まれる陰極物質イオンは、この磁力線 12 に沿って放射されることになり、蒸発面 5 の前方において集束を受けない。なぜなら、イオンは磁力線 12 に捕捉された電子流に引き寄せられ磁力線 12 に沿って進行するからである。その結果、陰極物質イオンの放射領域は従来技術に比べて広くなり、従って均一性の高い成膜領域も広くなる。

【0026】例えば、陰極 4 の蒸発面 5 から一定の距離  $Z$  離れた基体 18 の面内における成膜速度の分布を測定した結果を図 7 に示す。この図における距離  $Z$  および  $L$  は、先に図 3 で説明したものであり、この例でも  $Z = 13 \text{ cm}$  である。図 7 中の実施例は、上記アーク式蒸発源 2 a によるものであり、その場合の磁力線 12 の上記角度  $\theta$  は約  $10^\circ$  である。図 7 中の比較例は、図 12 に示した従来のアーク式蒸発源 2 によるものであり、その場合の磁力線 12 の上記角度  $\theta$  は約  $-5^\circ$ （この明細書では、上記角度  $\theta$  は発散方向を正としているから、負は集束を意味している）である。

【0027】この図 7 から分かるように、実施例の場合には、比較例に比べて、成膜速度分布の均一性が広い領域において非常に高い。これは換言すれば、実施例の方が、膜厚均一性の高い成膜領域が遙かに広いということである。その結果、このアーク式蒸発源 2 a によれば、一度に大量の基体 18 に膜厚均一性良く成膜することが可能になるので、あるいは大型の基体 18 に膜厚均一性良く成膜することが可能になるので、成膜の生産性が向上する。

【0028】更に、このアーク式蒸発源 2 a では、磁力線 12 の上記角度  $\theta$  を  $0^\circ$  以上  $30^\circ$  以下としているので、蒸発面 5 でのアークスポットは、従来技術のように蒸発面 5 の中心部に集中することではなく、蒸発面 5 内をランダムに動くか（ $\theta = 0^\circ$  の場合）、蒸発面 5 のやや外寄りを周回するようになる（ $0^\circ < \theta \leq 30^\circ$  の場合）。このようなアークスポットの動きは、例えば図 8 に示すように、陰極 4 の蒸発面 5 全体をほぼ一様に消耗させるか、やや外寄りに比重を置きながら蒸発面 5 全体を消耗させることになり、いずれにしても陰極 4 の蒸発面 5 を万遍無く使うので、陰極 4 の寿命を長くすることができる。その結果、長時間の成膜でも陰極 4 の交換無しに行うことが可能になり、成膜の生産性が向上する。また、陰極 4 の交換頻度が減るのでコストも削減できる。

【0029】ちなみに、 $\theta > 30^\circ$  の場合は、アークスポットが外側に寄り過ぎて、例えば図 9 に示すように、蒸発面 5 の外側が極端に消耗するようになり、陰極 4 の利用効率が悪化すると共に、陰極物質 6 の放射方向が広がり過ぎて基体 18 への成膜速度が低下するので、好ましくない。

【0030】 $\theta$  が負の場合は、蒸発面 5 の前方において磁力線 12 が集束することであり、前述した従来技術に相当する。

【0031】なお、例えば図 10 に示す例のように、磁気コイル 8 a の後方部付近に、陰極 4 の後方部付近の周りを囲むように、例えば板状で環状の強磁性体 30 を設けても良く、そのようにすれば、磁力線 12 がこの強磁性体 30 中を通るようになるので、磁力線 12 の経路の磁気抵抗が下がり蒸発面 5 での磁界を強めることがより容易になると共に、他への漏れ磁束も減少する。

【0032】また、図 1、図 10 のいずれのアーク式蒸発源 2 a においても、磁力線 12 の向きは、図示例と逆でも良い。そのようにしても、単に、磁力線 12 に巻き付く電子の旋回方向が逆になるだけであり、その他の作用は前記と同様である。

【0033】また、陰極 4 の材料は、特定のものに限定されるものではなく、前述した Ti 以外の材料、例えば Zr、Hf、TiAl、Al、Cu、Cr、Mo、W、Ta、V、C 等でも良い。例えば、Cr を陰極 4 に用いることによって、ドロップレット数の少ない Cr 膜また

はCrN膜を形成することができる。

【0034】また、磁界形成手段としては、上記のような磁気コイル8aおよびコイル電源10の代わりに、上記のような磁界を発生させる永久磁石を用いても良い。

【0035】

【実施例】図11に示すアーク式イオンプレーティング装置を用いて、複数本のステンレス製のシャフト（直径10mm、長さ100mm）を基体18として、それらの表面にTiN膜を形成した。

【0036】この装置は、真空排気装置34によって真空排気される真空容器32を有しており、その中に、図示しない駆動装置によって例えば矢印B方向に回転させられるホルダ40が設けられている。42は、電気絶縁機能を有する軸受部である。このホルダ40に、複数本の上記基体18を保持する。ホルダ40および基体18には、直流のバイアス電源44から負のバイアス電圧が印加される。真空容器32内には、ガス導入口36から下記のようなガス38が導入される。

【0037】この真空容器32の壁面に、絶縁物46を介して、かつホルダ40上の基体18に向けて、図1に示したのと同様のアーク式蒸発源2aを1台取り付けられている。陰極4は、この例ではTiから成り、陰極ホルダ50に保持されている。48は絶縁物である。この例では、真空容器32が陽極（アノード）を兼ねており、陰極4と真空容器32との間に直流のアーク電源52からアーク放電電圧が印加され、陰極4と真空容器32との間にアーク放電が生じる。54はアーク点弧用のトリガである。磁気コイル8aは、この例では巻数が150回であり、発熱による抵抗値増加を防ぐために水冷としている。

【0038】成膜に際しては、この実施例では、成膜工程に先立ってボンバード工程を行った。

【0039】ボンバード工程では、ホルダ40に上記基体18を保持して、まず真空排気装置34によって真空容器32内を $1 \times 10^{-5}$  Torr程度以下の圧力まで排気した後、ガス導入口36からガス38としてArガスを約50 sccm導入し、真空容器32内の圧力を3m Torr程度に保持する。基体18にはバイアス電源44から-1000Vのバイアス電圧を印加する。アーク式蒸発源2aの磁気コイル8aにコイル電源10から100Aの電流を流すと、陰極4の蒸発面5には約12000eの磁界が形成される。その状態で、陰極4にアーク電源52からアーク放電電圧を印加しておき、トリガ54を陰極4の側面に短時間接触させると、それが種となって陰極4と真空容器32との間にアーク放電が発生して持続し、陰極4の前方付近にはアークプラズマが生成される。このときのアーク電流は60Aとする。このアーク放電によって、陰極4が溶解してその蒸発面5から陰極物質6が蒸発し、その一部がアークプラズマによってイオン化され、このイオン化した陰極物質イオンが

負バイアス電圧によって基体18に向けて加速されて基体18に衝突する。その状態を約3分間保持すると、陰極物質イオンの衝突によって、各基体18が約380℃まで加熱されると共に、各基体18がスパッタされてその表面が清浄化される。

【0040】上記ボンバード工程に続いて、成膜工程に入る。即ち、この実施例の場合は、ガス38を窒素ガスに切り換え、それを約100 sccm導入し、真空容器32内の圧力を20m Torr程度に保持する。かつ、基体18に印加するバイアス電圧を-200Vにし、陰極4に流すアーク電流を80Aにする。その状態を約10分間保持すると、各基体18の側面に約3μm厚のTiN膜が形成される。

【0041】上記のようにして成膜されたステンレスシャフトの軸方向におけるTiN膜の膜厚のばらつきを表1中に実施例として示す。また、上記のようなアーク式蒸発源2aの代わりに、図12に示した従来のアーク式蒸発源2を用いて同様にして成膜した場合の膜厚のばらつきを表1中に比較例として示す。更に、上記実施例と比較例において、陰極4が消耗して規定の成膜速度や膜厚分布が得られなくなった時点と寿命としたときの陰極4の寿命を同じく表1中に示す。

【0042】

【表1】

	膜厚ばらつき	陰極寿命
比較例	55%	2時間
実施例	15%	12時間

【0043】この表に示すように、この発明に係るアーク式蒸発源2aを用いた実施例の方が、従来のアーク式蒸発源2を用いた比較例に比べて、膜厚の均一性が高く、かつ陰極寿命が長い。ちなみに、基体表面でのドロップレットについては、実施例および比較例の両方共に良好であった。

【0044】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、磁界形成手段によって、陰極の蒸発面での磁界の強さが7000e以上の磁界を形成するので、蒸発面の前方付近に高密度のプラズマを生成して、この高密度のプラズマによって陰極物質に含まれるドロップレットを効率良く分解することができる。その結果、陰極から飛散するドロップレットを低減することができる。

【0045】しかも、上記磁界形成手段は、陰極の蒸発面の前方において集束せずに平行進行ないし発散する磁力線を発生するので、陰極物質イオンは、蒸発面の前方において集束を受けなくなり、陰極物質イオンの放射領域は広くなる。その結果、膜厚均一性の高い成膜領域も

広くなる。

【0046】更に、上記磁界形成手段は、蒸発面内の任意の点に立てた法線と当該点における磁力線の方角との成す角度が0度以上30度以下の磁力線を発生するので、蒸発面でのアークスポットは蒸発面内をランダムに動くか、蒸発面のやや外寄りを周回するようになり、蒸発面全体をほぼ一様に消耗させるか、やや外寄りに比重をおきながら蒸発面全体を消耗させることになる。その結果、陰極の蒸発面を万遍無く使うようになるので、陰極の寿命を長くすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るアーク式蒸発源の一例を示す図である。

【図2】図1のアーク式蒸発源の蒸発面付近における磁力線の状態の例を拡大して示す図である。

【図3】陰極の蒸発面と基体との位置関係を示す図である。

【図4】陰極の蒸発面での磁界の強さを変えた場合の基体表面でのドロップレット数の変化の例を示す図である。

【図5】陰極の蒸発面での磁界の強さが600eの場合の基体表面の電子顕微鏡写真であり、倍率は1000倍である。

【図6】陰極の蒸発面での磁界の強さが12000eの場合の基体表面の電子顕微鏡写真であり、倍率は1000倍である。

【図7】陰極の蒸発面から一定の距離Z離れた基体表面における成膜速度分布の例を示す図である。

【図8】陰極の蒸発面に立てた法線と磁力線の方角との成す角度が0度以上30度以下の場合の陰極の消耗状態の例を示す概略図である。

【図9】陰極の蒸発面に立てた法線と磁力線の方角との成す角度が30度より大の場合の陰極の消耗状態の例を示す概略図である。

【図10】この発明に係るアーク式蒸発源の他の例を示す図である。

【図11】図1のアーク式蒸発源と同様のアーク式蒸発源を備えるアーク式イオンプレーティング装置の一例を示す図である。

【図12】従来のアーク式蒸発源の一例を示す図である。

【図13】図12のアーク式蒸発源の蒸発面付近における磁力線の状態の例を拡大して模式的に示す図である。

【図14】図12のような磁力線の方角の場合の陰極の消耗状態の例を示す概略図である。

#### 【符号の説明】

2a アーク式蒸発源

4 陰極

5 蒸発面

6 陰極物質

8a 磁気コイル

10 コイル電源

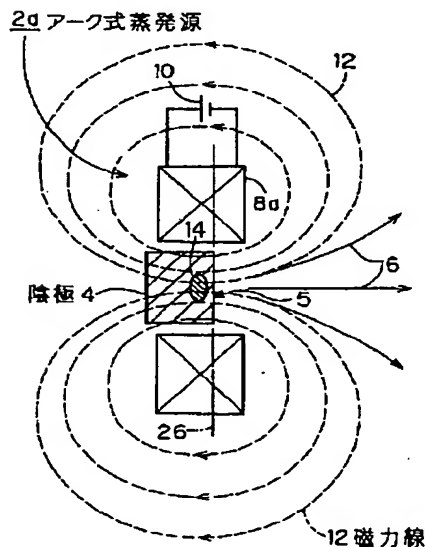
12 磁力線

14 集束領域

18 基体

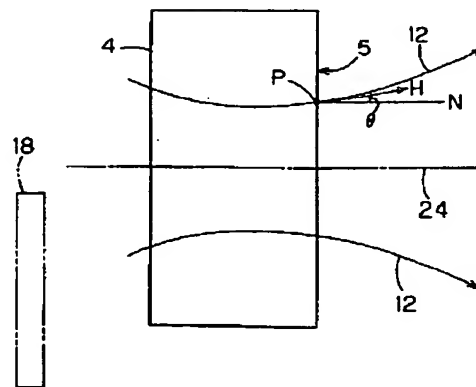
30 強磁性体

【図1】

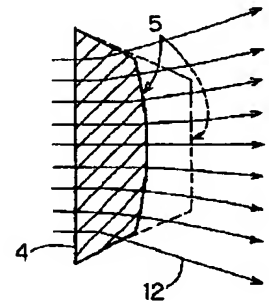


8a:磁気コイル

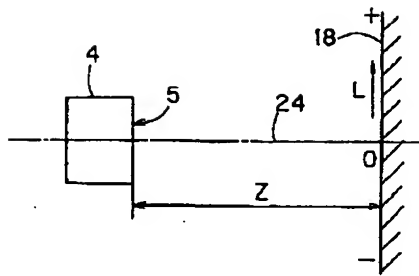
【図2】



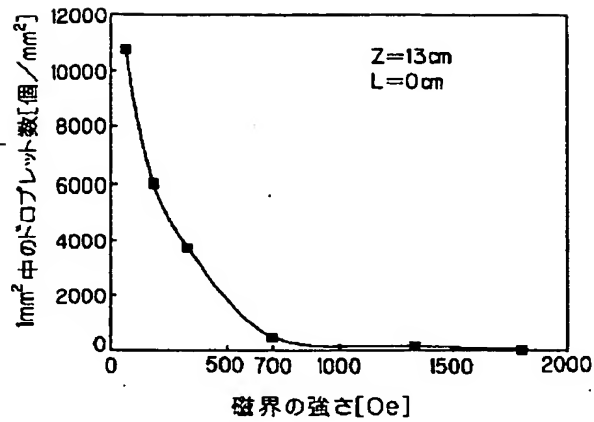
【図8】



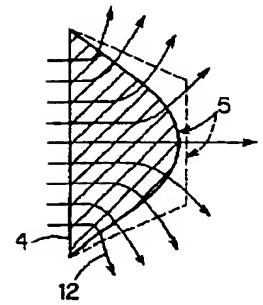
【図3】



【図4】



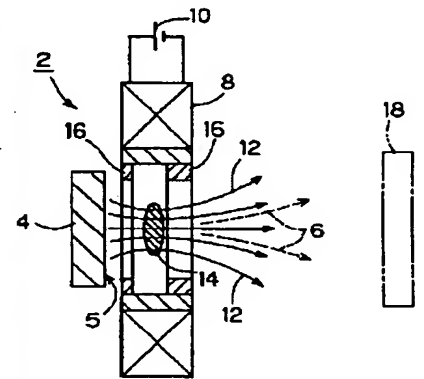
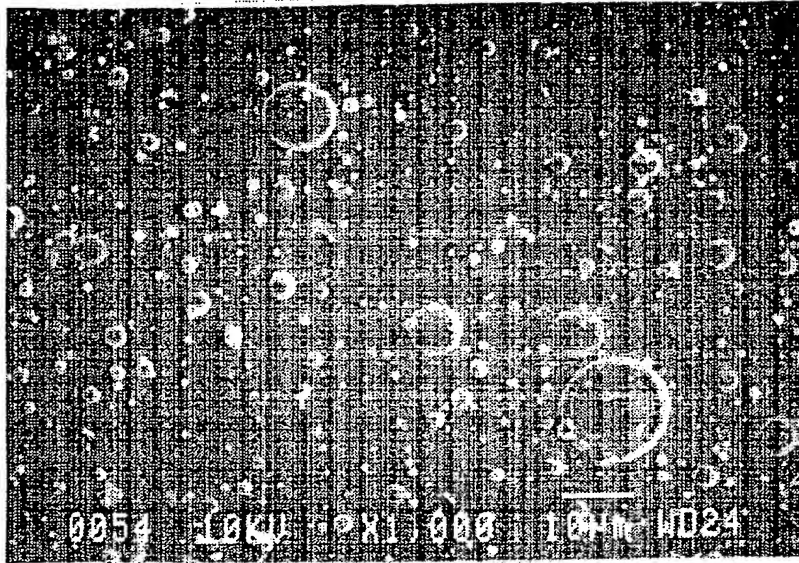
【図9】



【図5】

【図12】

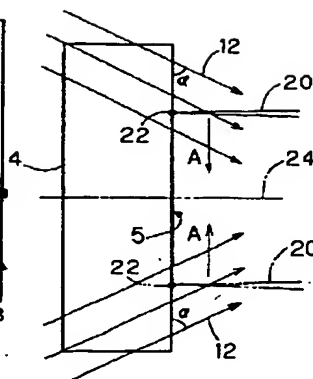
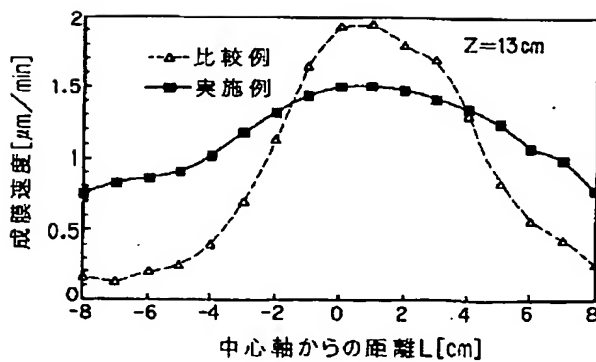
図面代用写真



【図14】

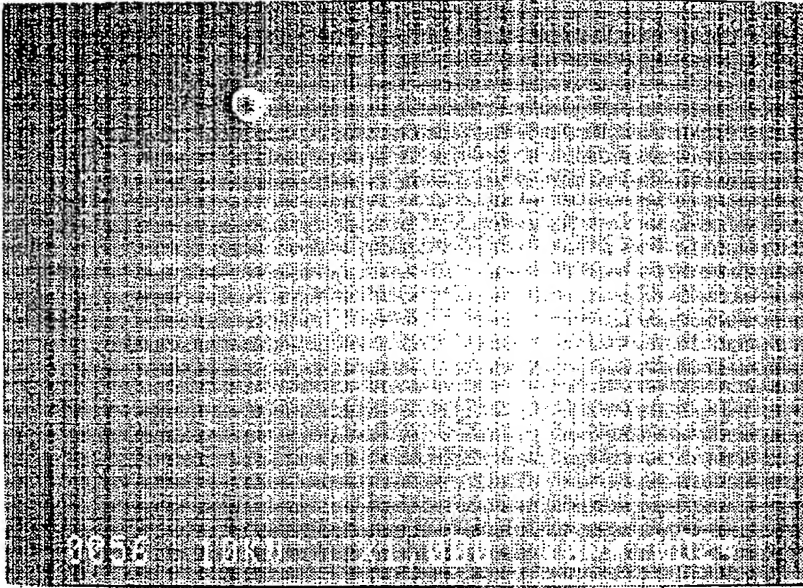
【図7】

【図13】

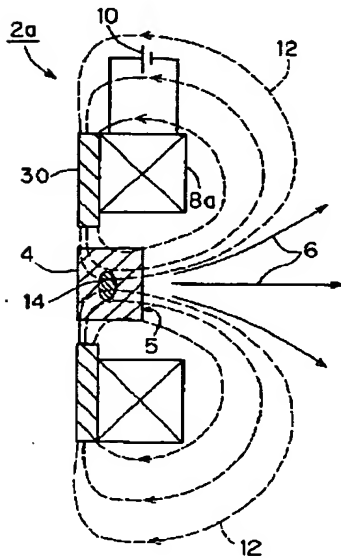


【図 6】

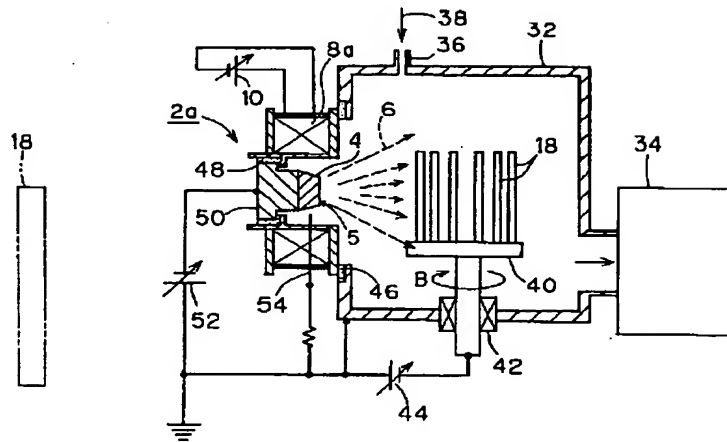
図面代用写真



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72) 発明者 平塚 治男  
 京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日  
 新電機株式会社内

(72) 発明者 緒方 潔  
 京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日  
 新電機株式会社内